ABHANDLUNGEN UND MITTHEILUNGEN.

Krystallogenetische Beobachtungen.

II. REIHE.

Von **Karl Ritter v. Hauer,**

Vorstand des chem. Laboratoriums der k. k. geologischen Reichsanstalt.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 9. Februar 1860.)

In meiner letzten auf diesen Gegenstand bezüglichen Arbeit [1]) gelangte ich zu dem Resultate, dass ein Alaunkrystall, dem Flächen angeschliffen wurden, die den Formen des regulären Systemes entsprechen, sich in einer Auflösung des isomorphen Eisenoxyd-Ammoniaksalzes wie ein natürlicher Krystall verhalte, dass er nämlich im Sinne der ihm aufgedrungenen Form darin fortwachse.

Durch diese Beobachtung war ein Weg für krystallogenetische Forschungen eröffnet worden, der speciell in solcher Modification noch nicht betreten worden ist, einer ausgedehnteren Verfolgung aber werth erschien.

Schon die ersten Versuche als ich begann Chromalaunkrystalle in der Lösung einer isomorphen Substanz weiter krystallisiren zu lassen, verschafften mir die Überzeugung, dass es in dieser Weise gelinge willkürliche Formveränderungen mit einer Leichtigkeit und Vollständigkeit zu erzielen, wie dies bisher noch in keiner Weise hervorgebracht wurde. Ich werde im Folgenden Gelegenheit haben zu zeigen, mit welch' merkwürdiger Fügsamkeit die Krystallisation im

[1]) Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. mathem.-naturw. Cl. XXXIX. Bd. S. 64.

fremden Mittel die angebrachten Formen des eingelegten Krystalles adoptirt, wie man es vollkommen in der Hand hat partielle und ganze Combinationen in allen Variationen der Ausdehnung zu erzeugen; ferner wie der Krystall Formen zur exacten Entwickelung bringt, die ihm durch blos in annähernd richtiger Lage beigebrachte Flächen gewissermassen nur angedeutet wurden, ja wie es endlich sogar möglich ist Formen zu erzwingen, die an der betreffenden Substanz nie von selbst auftretend beobachtet worden sind.

Als die Möglichkeit dieses beherrschenden Einflusses auf eine unter so strengen Gesetzen stehende Erscheinung wie jene der Krystallisation constatirt war, mussten sich zahlreiche Fragen aufdrängen, und namentlich die, wie weit im Allgemeinen dieser Einfluss innerhalb der Grenzen des tessularen Systemes sich erstrecke, welche also von den dahin gehörigen Combinationen dem Alaun aufgezwungen werden können.

Die erschöpfende Beantwortung dieser und anderer Fragen kann indessen erst durch eine ausgedehnte Reihe von Experimentalversuchen gelöst werden, die, wenn auch eifrig verfolgt, doch ungemein viel Zeit absorbiren. Weit entfernt daher einen solchen Standpunkt erreicht zu haben, glaubte ich dennoch mit der Mittheilung der bereits erzielten Resultate nicht zögern zu sollen, da sie auch in ihrer Vereinzelung nicht ohne einiges Interesse sein dürften.

Bevor ich indessen zur Beschreibung der speciellen Thatsachen des hier in allgemeinen Umrissen angedeuteten Gegenstandes schreite, erscheint es wünschenswerth in Kürze jene Untersuchungen anzuführen, welche von Anderen zu gleichem Zwecke unternommen worden.

Wakernagel scheint zuerst die Beobachtung gemacht zu haben, dass es überhaupt möglich sei auf rein mechanischem Wege die Entstehung einzelner Krystallflächen zu veranlassen. Er gibt an auf diese Weise an Krystallen von Kochsalz die Flächen des Dodekaëders erhalten, so wie an anderen Salzen, die er aber nicht näher bezeichnet, die gewöhnlich unterdrückten kleineren Flächen in einer vorzüglichen Grösse hervorgerufen zu haben. Auf diese kurze Notiz beschränkt sich indessen seine Mittheilung.

Als ein anderes vorzügliches Mittel gewisse seltenere Flächen zu erhalten, bezeichnet er das möglichst langsame Auskrystallisiren. Er behauptet durch Weiterwachsenlassen von grossen Steinsalz-

bruchstücken in dieser Weise das Entstehen von Flächen gesehen zu haben, die nur sehr selten vorhanden zu sein pflegen [1]).

Mahrbach fand, dass an Krystallen von chlorsaurem und bromsaurem Natron die Flächen des Tetraëders und Pentagonaldodekaëders künstlich hervorgerufen werden können, wenn man die Ecken und Kanten der Krystalle abschabt und in der gesättigten Lösung weiter wachsen lässt [2]).

Über die Art wie sich an Krystallen in Folge mechanischer Einwirkung secundäre Flächen bilden, hat auch Pasteur Untersuchungen angestellt [3]).

Durch Theilung eines Krystalles von saurem, äpfelsaurem Ammoniak und Einlegen in eine gesättigte Lösung erzeugten sich an den Spaltungsflächen der Hälften die Zuschärfungen sehr rasch, und auch andere Verstümmlungen ergänzten sich bald. Er fand, dass neben dem Wachsthume des Krystalles im Ganzen, eine vorzugsweise beträchtliche Ablagerung an der verstümmelten Stelle stattfinde [4]).

An Krystallen des eben erwähnten Salzes so wie an solchen von ameisensaurem Strontian gelang es ihm ferner durch directes Anfeilen und Weiterkrystallisiren lassen gewisse Flächen entstehen zu lassen.

Endlich hat noch Senarmont mitgetheilt, dass er sich mit Untersuchungen beschäftige, wie verstümmelte Krystalle sich ergänzen. Resultate dieser Arbeit wurden indessen bis jetzt nicht veröffentlicht [5]).

---

[1]) Diese letzteren Versuche gehören nicht unmittelbar in den Kreis der hier angestellten Beobachtungen, doch wurde ihrer erwähnt, weil ich bei ähnlichen Untersuchungen zu differirenden Resultaten gelangte. Ich bemerkte dass sich im Gegentheil Steinsalzwürfel ganz eigenthümlich indifferent in einer Lösung von Chlornatrium verhalten. Ein Fortwachsen als Individuum fand nicht Statt sondern es setzten sich nur einzelne kleine Krystalle daran fest wie irgend an einen andern nicht homogenen Körper. Dieses Verhalten scheint in weiterer Instanz zu bestätigen, dass die aus einer wässerigen Lösung abgesehiedenen Krystalle von Chlornatrium und jene des Steinsalzes nicht auf gleichem Wege entstanden seien, wenn auch ihre Krystallgestalt und chemische Constitution dieselbe ist. Es ist eine Vermuthung die längst schon wahrscheinlich gemacht war durch die bekannte Eigenschaft des letzteren beim Erhitzen nicht zu verknistern, und namentlich durch die Art seiner Ablagerung in der Natur.

[2]) Comptes rendus. 43. 705,

[3]) Annales de chim. et de phys. (3) 49. 5.

[4]) Die letztere Erscheinung habe auch ich an verschiedenen Salzen häufig wahrgenommen. Am deutlichsten am Alaun, wie später gezeigt werden wird.

[5]) Liebig und Kopp's Jahresbericht für 1856.

Eine grössere Anzahl von Versuchen sind hingegen bekannt, denen die Absicht zu Grunde lag mittelst specifisch chemischer Mittel auf die Krystallisation einzuwirken. Eine der interessantesten Arbeiten, die in dieser Richtung unternommen worden, ist die von Beudant[1]). Es gelang ihm die Umstände zu ermitteln, durch welche an einer Reihe von Salzen constante Formveränderungen erzielt werden können, namentlich am Alaun und anderen schwefelsauren Salzen. Die Art, wodurch dies erreicht wurde, bestand darin, die Lösung dieser Salze mit besonderen fremdartigen Substanzen zu versetzen. Die Citirung ähnlicher Arbeiten Anderer soll indessen im Anschlusse an die von mir in gleicher Richtung gewonnenen Erfahrungen einer späteren Mittheilung vorbehalten bleiben.

Die ursprünglichen Motive, die mich veranlassten zu diesen Versuchen Krystalle des Chromalauns nach der mechanischen Umänderung ihrer Form in Lösungen des Eisenalauns weiter wachsen zu lassen, waren folgende:

Erstlich der beträchtliche Unterschied in der Löslichkeit beider Substanzen; die bedeutende Auflöslichkeit des Eisenalauns gestattet schon bei sehr mässigem Abkühlen seiner Lösung in kurzer Zeit ein ergiebiges Salzquantum zur Ablagerung auf den eingelegten Krystall zu bringen, also auch bei sehr langsamer Krystallisation dennoch rasche Erfolge zu erzielen[2]).

Zweitens weil aus der Farbendifferenz beider Substanzen sich konnte genauer beobachten lassen, in welcher Weise die Krystallmolecüle der neuen Krystallisation das eingelegte Individuum überlagern. Man sieht so sehr deutlich wie die über den verletzten Stellen des Krystalles sich ansetzenden Schichten immer viel dicker sind, als die gleichzeitig über den unveränderten Flächen entstehenden.

---

[1]) Annales des mines.

[2]) Salze, welche mit steigender Anderung der Temperatur eine sehr gesteigerte Auflöslichkeit zeigen, setzen natürlich beim Sinken derselben eine entsprechende Salzmasse ab. In der Art dieses Auskrystallisirens existirt bei verschiedenen Verbindungen ein wesentlicher Unterschied. Es gibt nämlich solche welche hiebei viele kleine Krystalle absetzen, und andere welche in derselben Zeit ebenfalls ein beträchtliches Salzquantum, aber in wenigen grossen Krystallen vereinigt ausscheiden. Man kann hienach rasch wachsende Krystalle von solchen, die sich nur langsam vergrössern, unterscheiden, insoferne auch die letzteren durch wiederholtes Einlegen in gesättigte Lösungen zur selben Grösse aber in viel längerer Zeit gelangen können. Der Eisenalaun gehört nun zu den ersteren

Es ergab sich als eine ganz allgemein giltige Thatsache, dass von jenem Salz-Quantum, welches eine Lösung in einer bestimmten Zeit ausscheidet, eine grössere Menge zur Regenerirung des fehlenden Theiles an einem Krystalle, eine kleinere hingegen zu seinem Gesammt-Wachsthume disponirt werde[1]). Es erscheint von Wichtigkeit diese schon mehrfach erwähnte Krystallisationsthätigkeit hervorzuheben, da sie zur Erklärung anderer Erscheinungen wesentlich beiträgt.

Die hier entwickelten Umstände sind indessen von secundärer Bedeutung; die absolute Abhängigkeit der Erscheinung überhaupt davon blieb noch eine fragliche. Es erübrigte nämlich noch festzustellen ob für die Erhaltung der künstlich erzeugten Form beim Weiterwachsen des Krystalles das stofflich verschiedene Medium (hier die Auflösung des Eisenalauns) wirklich nothwendige Bedingung sei, oder ob nicht rational angebrachte Flächen auch beim Verweilen des Krystalles in einer homogenen Auflösung in wirkliche Krystallflächen überzugehen vermöchten.

Das letztere ist nun in der That nicht der Fall, wie der directe Versuch zeigte, oder nur ausnahmsweise in sehr untergeordneter Art.

Schneidet man z. B. einem Chromalaunkrystall eine Fläche an, die als auch von selbst vorkommend bekannt ist, etwa eine Würfelfläche, und legt ihn in die gleiche Auflösung, so zeigt wohl die fortgesetzte Krystallisation gewissermassen die Tendenz diese Fläche zu adoptiren, ohne indessen einen solchen Formzustand zu erreichen. Es setzen sich auf der angeschnittenen Fläche lauter kleine Krystallmolecüle an, die parallel mit ihr fortwachsen, so dass man viele vereinzelte spiegelnde Punkte sieht, die sich alle im selben Niveau befinden. In eine ununterbrochene Fläche nach der ganzen Dimension des Krystalles vereinigen sie sich aber fast nie, wie lange man auch den Krystall in der Lösung lässt. Es stellt sich endlich die Spitze gänzlich her unter gleichzeitiger Vergrösserung des Krystalles. Innerhalb dieses Zeitraumes bis zur vollständigen Regenerirung der früheren Form existirt sonach kein Stadium, in welchem sich die angeschnittene Ebene als eine wirkliche Krystallfläche repräsentiren

[1]) Ganz gleiche Erscheinungen in dieser Beziehung treten auch ein, wenn man einen lädirten Krystall in eine homogene Auflösung bringt.

würde. Es gilt dies für den Thonerde- und Chromalaun und ihre Gemische unter einander. Nur in äusserst seltenen Fällen konnte ich auf diesem Wege das Entstehen von kleinen Flächen erzielen, die einer der am häufigsten von selbst vorkommenden Combinationen des Alauns angehörten.

An Eisenalaunkrystallen gelingt es häufiger einzelne Schnitte in einer homogenen Auflösung zur Ausflächung zu bringen. Am vollendetsten zeigt sich indessen die Erscheinung zwischen heterogenen Substanzen.

Wird nämlich an irgend einem Alaunkrystall eine Fläche angefeilt und er dann in eine gesättigte Auflösung des Eisenalauns gelegt, so besteht die erste Action der neuen Krystallisation darin, sie in eine spiegelnde, somit natürliche zu verwandeln; durch mässiges Erkalten lassen der Lösung zumeist schon binnen weniger Stunden. Bei fortgesetzter Krystallisation entsteht auch hier wieder schliesslich die frühere Form, indem sich das Oktaëder bildet. Die angeschnittene Fläche bleibt aber fortwährend eine spiegelnde und ist nur entsprechend der Zeit, welche man den Krystall in der Lösung lässt, grösser oder kleiner.

Hierauf basirt sich was bezüglich der Zeitdauer in der früheren Abhandlung erwähnt wurde, während welcher das Wachsen des Krystalles analog der aufgedrungenen Form seine Geltung habe. Sie ist in dem Falle, wo dem Oktaëder eine Würfelfläche beigebracht wurde, diejenige, welche erforderlich ist um die Gesammtdimensionen des Krystalles so zu vergrössern, dass die Oktaëderflächen wieder in die Spitze zusammenlaufen. Ähnliches zeigt sich, wenn dem Krystall was immer für eine secundäre Form verliehen wurde, das Endresultat der fortgesetzten Krystallisation ist in allen Fällen die vollständige Herstellung der primären Form.

Alle künstlich erzeugten Combinationen sind also Durchgangsstadien auf dem Entwickelungswege zum reinen Oktaëder. Während dieses fortschreitenden Ganges der Metamorphose repräsentirt sich der Krystall ununterbrochen als vollständiges Individuum, ausgestattet mit allen diesem Begriffe zukommenden Eigenschaften. Es wird hiernach ersichtlich, wie es möglich ist diese oder jene Flächen vorherrschend zu erhalten, indem man in dem entsprechenden Momente den Krystall durch Isolirung von der Flüssigkeit der weiteren Umwandlung entzieht.

Wie indessen leicht erklärlich ist, würde die Regeneration der früheren Form nie mehr zu Stande kommen können, wenn das Wachsen des Krystalles an allen Punkten seiner Oberfläche gleichmässig von Statten ginge. Nur dadurch, dass an der Schnittfläche sich eine relativ grössere Masse ansetzt, ist das stets wieder eintretende Verschwinden aller angebrachten Combinationsflächen möglich. Es muss auch hiebei bemerkt werden, dass jeder Alaunkrystall, an dem natürlich auftretende Combinationsflächen gefunden werden, diese nach und nach zum Verschwinden bringt, so wie man ihn in eine gesättigte Lösung legt und ungestört weiter wachsen lässt[1]); dasselbe zeigt sich, wenn die letztere eine homogene ist, so wie in gleicher Weise im entgegengesetzten Falle.

Man muss hienach annehmen, dass, wenn solche Flächen von selbst auftreten, dies nur in Folge von Störungen in der Krystallisation geschehen konnte, die gewissermassen einen Stillstand in dem Wachsthume des Krystalles an der betreffenden Stelle bewirkten, während er im übrigen seine Volumszunahme fortsetzte.

Wir besitzen noch zu wenig Einsicht in die Verhältnisse, unter welchen die Construction eines Krystalles aus den kleinsten Molecülen zu Stande kommt, um nach einer bestimmten Erklärung forschen zu können, wie jener Stillstand oder jene Verzögerung in der Krystallisation herbeigeführt werden, die nöthig erscheinen, um z. B. an der Oktaëderspitze plötzlich das Entstehen einer Würfelfläche hervorzurufen. Allein es ist sehr wahrscheinlich, dass das Entstehen und Verschwinden solcher Formveränderungen nicht durch einen wirklichen Stillstand oder eine Verzögerung der Krystallisation an gewissen Stellen, sondern nur durch Umwandlungen der Richtung, nach welcher sich die Krystallmolecüle absetzen, herbeigeführt werden, wenn auch die eigentlichen Ursachen, die diese Richtungsveränderungen bewirken, gänzlich unbekannt sind. Aus dem im Obigen angestellten Vergleiche, wie sich ein Alaunkrystall in einer homogenen oder in einer fremden Lösung verhält, ergab sich ein wesentlicher Unterschied. Merkwürdiger Weise ist es indessen eine Eigenschaft, welche speciell die Eisenalaunlösung gegenüber den anderen Alaunkrystallen zeigt, mechanisch beigebrachte Flächen in wirkliche

[1]) Directe Versuche haben dies zu wiederholten Malen gezeigt.

Krystallflächen umzuwandeln [1]). Auf diesem Wege ist es aber in sehr ausgedehnter Weise möglich, einen willkürlichen Einfluss auf die Formbildung des Krystalles auszuüben. Die letztere ist indessen nicht immer eine, mit der mechanisch hervorgebrachten Gestalt des eingelegten Krystalles absolut episomorphe. Es entsteht in vielen Fällen eine von der beabsichtigten verschiedene Form, die sich aber ohne frühere gewaltsame Umgestaltung des Krystalles von selbst nicht entwickelt hätte. Diese Form ist meistens, aber nicht immer, ein nothwendiges Durchgangsstadium auf dem Entwicklungswege zum Oktaëder. Der Einfluss auf das Resultat der fortgesetzten Krystallisation ist sonach nicht in allen Fällen ein directe bestimmender. Die folgenden Thatsachen werden dies präciser beweisen.

Eine interessante Reihenfolge von Combinationen, von denen eine in die andere übergeht, lässt sich gleichzeitig mit einer hieher gehörigen Erscheinung beobachten, wo nämlich die beigebrachte Form nicht adoptirt wird, wenn man einen Würfel schneidet, durch Abnehmen der Spitzen. Der Würfel als solcher erhält sich nicht, sondern in derselben Zeit, wie die Ausflächung der angefeilten Stellen erfolgt ist, treten auch wieder alle Oktaëderflächen und Dodekaëderflächen sehr klein angezeigt auf; das erste Stadium der neuen Krystallisation, wo der Krystall wieder von lauter spiegelnden Flächen umgeben ist, bildet hier eine vollständige Combination des Hexaëders mit dem Oktaëder und Dodekaëder, und zwar mit sehr vorherrschenden Flächen der ersteren, wie Fig. 1 zeigt [2]); also die Form, in welcher der Alaun häufig aus der mit Alkali versetzten Lösung anschiesst. Das Auftreten der Dodekaëderflächen findet hier immer Statt, wiewohl ihr Erscheinen für die Metamorphose des Würfels in das Oktaëder nicht erforderlich wäre. Es ist diese Gestalt sonach eines der früher erwähnten Durchgangsstadien der Krystallisation, welches nicht unbedingt nothwendig wäre. In der That verschwinden auch die Dodekaëderflächen gänzlich, so wie man den Krystall weiter

---

[1]) Ein Chromalaunkrystall verhält sich in diesem Falle in der Lösung des Thonerdealauns ebenso wie es für seine eigene Lösung früher gezeigt wurde; ein wirkliches Ausflächen der angebrachten Schnitte findet nicht Statt.

[2]) Herr Schrauf, Eleve am k. k. physikalischen Institute, hatte die Güte alle dieser Abhandlung beigefügten Zeichnungen auszuführen. Er entwarf sie genau nach den ihm vorgelegten Krystallen; sie geben daher ein getreues Bild von dem Grade der Vollkommenheit, in welcher die beschriebenen Formen sich erhalten liessen.

wachsen lässt, und es entsteht die Combination des vorherrschenden Würfels mit dem Oktaëder, wie sie der Bleiglanz, Chlornatrium aus harnstoffhaltiger Lösung, Eisenkies u. a. m. zeigen. Später entwickeln sich die Flächen des letzteren mehr und mehr, bis beide in's Gleichgewicht gelangen, wodurch also die Gestalt erreicht wird, die häufig am salpetersauren Bleioxyd und Bleiglanz sehr regelmässig entwickelt beobachtet wird. Das Wachsen in diesem Sinne schreitet nun unausgesetzt fort, indem die Oktaëderflächen immer vorherrschender werden; als letztes Stadium bildet sich die Form [1]) wie in Fig. 2, die dann in das reine Oktaëder übergeht. Es versteht sich von selbst, dass, um diese verschiedenen Formen rein zu erhalten, schon der ursprünglich hiezu benützte Würfel möglichst symmetrisch geschnitten sein, und unter Umständen krystallisiren gelassen werden muss, die eine gleichzeitige Bildung nach allen Richtungen gestatten. Es gelingt dies in ausgezeichneter Weise, nach einer Methode, die weiter unten besprochen werden soll. Alle hier angeführten Zwischenstadien vom Würfel bis zum Oktaëder lassen sich in gleicher Weise auch directe erhalten, ohne von ersterem auszugehen. Schleift man an dem Oktaëder zwei gegenüber stehende Hexaëderflächen an, wie in Fig. 3, so werden sie unmittelbar spiegelnd und der Krystall adoptirt diese partielle Combination unverändert, wonach er ein Aussehen gewinnt, als ob er dem quadratischen Systeme angehörte.

Nimmt man aber die beiden Spitzen so weit ab, dass der Krystall dadurch tafelartig wird, so erhält man die folgende ganze Combination des Hexaëders und Oktaëders, bestehend aus den zwei sehr vorherrschenden Flächen des ersteren, die aufgedrungen wurden, und vier kleinen, die von selbst entstehen, wie sich aus Fig. 4 ergibt.

Es tritt hier der sehr bemerkenswerthe Fall ein, dass der Krystall von selbst die vollständige Combination adoptirt, die ihm nur theilweise beigebracht wurde. Ich beobachtete diese Erscheinung fast jedesmal, so oft mindestens zwei der Würfelflächen so stark angezeigt wurden. Mehrt man ihre Anzahl, so treten die anderen um so bestimmter auf. Es ist dies unstreitig eine der interessantesten der hieher gehörigen Erscheinungen. Ihr Auftreten ist aber auch nur ein temporäres, da sie später wieder verschwinden, so wie die aufgedrungenen Würfelflächen kleiner werden.

---

[1]) Die Form, welche auch Zinnchlorid-Chlorammonium, Kobaltkies etc. zeigen.

Bringt man an dem Oktaëder die Dodekaëderflächen an, so entstehen während sie sich ausglätten auch gleichzeitig alle Würfelflächen, und zwar immer achtseitig, wie es die folgende Fig. 5 zeigt; nie durch die Dimensionen der ersteren begrenzt. Um diese Combination vollständig zu erhalten, müssen sämmtliche Flächen tief gegen den Mittelpunkt des Krystalles zu eingefeilt werden. Die Krystallisation hat eine entschiedene Tendenz die Dodekaëderflächen wieder bald zum Verschwinden zu bringen, in weit höherem Grade, als es sich für die Würfelflächen zeigt[1]). Zur stärkeren Entwicklung, als es die Zeichnung zeigt, bringt man sie nur, wenn man das reine Rhombendodekaëder ausschneidet. Das letztere scheint sich so wenig erhalten zu können wie der Würfel, und geht nach meinen bisherigen Erfahrungen immer in diese Combination über. Eine constantere Dauer haben die Dodekaëderflächen, wenn man gleichzeitig alle Würfelflächen stark ansehneidet. Man erhält so die Form, die sich am Alaun auch zuweilen von selbst, und sehr häufig am Bleiglanz zeigt. Werden dem Oktaëder alle Würfelflächen so stark angeschliffen, dass sie in Berührung kommen, so treten sogar einzelne Dodekaëderflächen zuweilen von selbst auf, verschwinden aber sehr bald wieder. Es ist das eine ähnliche Erscheinung mit der, wie sie früher am Würfel nachgewiesen wurde.

Wenn sich, wie aus dem Angeführten hervorgeht, eine gewisse Abneigung zeigt, die Dodekaëderflächen bestehen zu lassen, so bezieht sich dies nur auf ein gleichzeitiges Vorhandensein aller. Nicht so ist es bei einzelnen derselben, welche, wie in Fig. 6, mit Leichtigkeit aufgedrungen werden können.

Bisher hatte ich nur die Möglichkeit besprochen, einzelne Flächen und ganze Combinationen aufzudringen, die früher an dem Krystalle nicht angedeutet waren. Es ist begreiflich, dass sie nach dem Grade der ursprünglichen Regelmässigkeit des dazu verwendeten Krystalles sich ebenfalls mehr oder minder der theoretisch richtigen Form annähern müssen. Man hat es aber nach dem beschriebenen Verfahren überhaupt in der Hand, Krystalle von einer Regelmässigkeit der Form zu erzeugen, wie sie von selbst, namentlich durch die präcipitirte Krystallisation in den Laboratorien nie entstehen.

[1]) Lässt man einen solchen Krystall weiter wachsen, so sind die Dodekaëderflächen längst verschwunden, während sich die Würfelflächen noch erhalten.

In jedem unregelmässigen Oktaëder liegt nämlich gewissermassen ein absolut reguläres, dessen Grösse durch jene des Krystalles überhaupt, und durch den Grad seiner Abweichung von der Symmetrie gegeben ist. Wenn man nun jene Flächen, welche durch Entfernung vom Mittelpunkte des symmetrisch gedachten Krystalles die Unregelmässigkeiten bilden, durch Abschleifen dem Centrum näher rückt, so ist es möglich ihn der idealen Form sehr ähnlich herzustellen. Eine wesentliche Bedingung ist es hierbei, der Neigung der betreffenden Flächen möglichst genau zu folgen. Da hier dem Krystalle keine Flächen aufgezwungen werden, die er nicht schon früher besass, so geht ihr Übergang wieder in natürliche, auch in einem homogenen Medium mit Leichtigkeit von Statten. Am vollständigsten wird der Zweck erreicht, wenn man den Krystall dann während dem Weiterwachsen lassen in der Lösung suspendirt erhält. Das Aufliegen an einer Seite gibt, wie bekannt, stets wieder den Impuls zu einer unregelmässigen Bildung, die sich dann fortpflanzt, und auch durch öfteres Umwenden des Krystalles nie vollständig vermieden werden kann.

Werden in weiterer Folge solche möglichst regelmässige Krystalle zur Anbringung der künstlichen Combinationen verwendet, so erhält man auch die letzteren von ausgezeichneter Schönheit. Es ist mir in dieser Weise gelungen, eine Reihe von Combinationen so präcis entwickelt zu erhalten, wie sie am Alaun wohl selten der Gegenstand wirklicher Beobachtung waren. Besonders für Formen, die erst aus dem Würfel geschnitten werden müssen, ist es nöthig ein Oktaëder von möglichster Regelmässigkeit zu haben, um den ersteren in erklecklicher Grösse zu erhalten.

Alle im Vorhergehenden berührten künstlichen Formveränderungen hatten zum unmittelbaren Ziele, dem Krystalle eine Gestalt zu geben, die im Einklang stand mit den Gesetzen des Systemes dem er angehört. Die so verliehene Form war sonach eine rationale in rein krystallographischer Hinsicht[1]).

[1]) Wenn man die eigentlichen Gründe kennen würde, die für jede Substanz auch innerhalb des Krystallsystems, dem sie angehört, nur gewisse Formen bedingen, so könnte manche hier als rational betrachtete Form es dann nicht mehr sein, weil man eben die Unmöglichkeit ihres Bestehens einsehen würde. Zur Zeit ist es indessen eine Frage, die empirisch entschieden werden muss.

Ein weites Feld ist nun für ähnliche Untersuchungen in der Beziehung offen, dass auch ein unrational zugeschliffener Krystall im fremden Medium sehr bald durch wirkliche Krystallflächen ringsum begrenzt wird, wie es schon in meiner früheren Abhandlung angedeutet wurde.

Unter irrationalen Schnitten hatte ich nicht eine planlose Verstümmelung des Krystalles verstanden, wodurch zumeist bedeutende Verzerrungen hervorgerufen werden, die indessen manchmal sehr merkwürdig sind.

Abgesehen hievon sind zwei Arten von unrationalen Schnitten zu unterscheiden, die einen wesentlich verschiedenen Einfluss auf das Resultat der fortgesetzten Krystallisation ausüben, und zwar:

Erstlich solche, welche in ihrer Neigung von einer dem Krystalle möglichen Fläche etwas mehr oder weniger abweichen, und daher in diese übergehen können.

Zweitens aber Anschnitte, die dem Krystalle eine Form verleihen, aus der er nur durch Bildung mehrerer verschiedenartiger Flächen zu einer ihm möglichen Gestalt gelangen kann. Betrachten wir die dabei auftretenden Erscheinungen näher:

Schneidet man einem Oktaëder die Spitze in der Art ab, dass dadurch eine schiefe Ebene entsteht, und lässt ihn weiter krystallisiren, so macht sich die neue Krystallisation unmittelbar in der Art geltend, diese Fläche wieder in eine wagrechte zu verwandeln, indem sich an den tiefer gelegenen Punkten eine grössere Masse von Molecülen ablagert. Gleichzeitig sieht man an der entgegengesetzten Stelle, also an der, der früheren Spitze zunächst gelegenen, einen Krystallspiegel entstehen, welcher successive grösser wird, so wie die Mulecüle sich der wagrechten Linie nähern.

Die schief angeschnittene Ebene geht also in eine natürliche Krystallfläche über, indem ihre widersinnige Neigung durch ungleiche Massenanhäufung ausgeglichen wird.

Es ist begreiflich, dass die in solcher Weise entstehende Würfelfläche kleiner ausfallen muss, als wenn sie schon unmittelbar auch von gleicher Dimension, aber in richtiger Lage angebracht worden wäre. Im ersteren Falle erfordert nämlich die Erreichung der richtigen Lage eine längere Zeit als die blosse Ausglättung im zweiten, worin die nothwendigen Actionen bestehen, welche die Umwandlungen der Schnitte in natürliche Krystallflächen bewirken. Der Krystall

ist sonach im ersten Falle auch länger der immer gleichzeitig angestrebten Regenerirung des Oktaëders ausgesetzt.

Was hier auseinandergesetzt wurde, ist wohl eine nothwendige Consequenz der übrigen Beobachtungen in dieser Richtung, allein es schien nöthig speciell darauf aufmerksam zu machen, weil diese Vorgänge von entscheidendem Einfluss auf das Gelingen des Experimentes selbst sind.

Strenge genommen ist fast jede durch eine mechanische Operation hervorgebrachte Fläche eine unrationale im obigen Sinne, weil das Anschleifen, namentlich aus freier Hand nie mit obsoluter Correctheit ausgeführt werden kann. Es ist um so weniger möglich, je mehr schon der dazu verwendete Krystall von der symmetrischen Form abwich, indem die angeschnittenen Flächen, genau den Verzerrungen des Krystalles folgend, hergestellt sein müssten. Der Moment nun, wo eine schon in richtiger Lage befindliche Fläche mit einem spiegelnden Überzug der neuen Krystallisation bedeckt erscheint, und andererseits eine unrational angebrachte in die richtige Stellung mit der gleichen Eigenschaft übergangen ist, bezeichnet das Stadium der vollendeten Umwandlung einer künstlichen in eine natürliche Krystallfläche. Dieser Moment der fortschreitenden Krystallisation, in welchem sich der Krystall wieder als unverletztes Individuum repräsentirt, soll als der der geometrischen Ausgleichung bezeichnet werden.

Der so erzielte Formzustand ist aber, wie es schon aus den angeführten Beispielen ersichtlich wurde und gleichmässig für alle anderen Fälle geltend ist, ein temporärer, wenn die Krystallisation nicht unterbrochen wird, da sich stets die ursprüngliche Form wieder herstellt. Es geht hieraus im Allgemeinen hervor, dass alle künstlich hervorzurufenden Flächen um so prägnanter erscheinen und um so länger dauernd erhalten werden können, je mehr sie der erforderlichen Lage anpassend, und je tiefer gegen den Mittelpunkt des Krystalles zu hergestellt werden.

Die Erfahrung ferner, dass auch ein von der gesetzmässigen Richtung abweichender Anschnitt durch ungleiche Massenanhäufung während der Krystallisation ins Gleichgewicht gebracht wird, macht es im Ganzen ungemein leichter künstliche Formcombinationen darzustellen, als es von vorneherein vermuthet werden könnte. In den meisten Fällen genügt schon ein nur annähernder Grad von Präcision; es ist nur

erforderlich nicht so weit die Fläche von der genauen Lage abweichend anzubringen, dass ihre geometrische Ausgleichung mit dem Verschwinden zusammenfallen müsste.

Mit wenigen Ausnahmen wurden die in der vorliegenden Abhandlung beschriebenen Formen lediglich durch Anfeilen aus freier Hand erhalten, wo von grosser Genauigkeit, wie ich schon erwähnt habe, nicht die Rede sein kann.

Es erübrigt nunmehr noch den zweiten Fall unrationaler Formen näher zu betrachten.

Wenn dem Krystalle eine Form verliehen wird, die den Gesetzen des tessularen Systemes auch nicht annähernd entspricht, so treten alle die möglichen Flächen auf, welche die Schnitte durchschritten haben. Es entsteht also die im Raume zunächst liegende Combination mit entsprechend verschiedener Ausdehnung der sie constituirenden Flächen. Werden solche Schnitte auf mehreren Seiten gleichförmig angebracht, so erhält man eine Form, die in ihrer Unsymmetrie dennoch eine gewisse Regelmässigkeit zeigt.

Schneidet man z. B. aus dem Oktaëder einen Würfel in der Art, dass er durch 2 Hexaëder- und 4 Dodekaëderflächen begrenzt ist, so treten die dadurch zum Verschwinden gebrachten Oktaëderflächen alsogleich auf und man erhält die folgende Gestalt (Fig. 7) so regelmässig wie es die Zeichnung darstellt.

In Fig. 8, 9 und 10 sind beispielsweise einige sehr abnorm verzerrte Krystalle abgebildet, wie sie entstehen, nachdem unrationale Schnitte in verschiedenen Richtungen ganz ungleich angebracht wurden. Diese Gestalten sind in so ferne von Interesse, weil sie die Intensität des Bestrebens ersichtlich machen, welches die Krystallisation im fremden Medium zeigt, auch einen ganz planlos verstümmelten Krystall möglichst bald durch wirkliche Flächen zu begrenzen.

Eine weitere Frage, mit deren Lösung ich mich im Laufe dieser Untersuchung beschäftigte, war, ob hemiëdrische Gestalten darzustellen seien. Bezüglich des Tetraëders habe ich folgende Erfahrungen gemacht. Das reine Tetraëder kann so wenig bestehen, als der Würfel und das Rhombendodekaëder; mit grosser Leichtigkeit lassen sich hingegen Übergangsstadien desselben zum Oktaëder erhalten. Mit der Ausflächung des Krystalles tritt nämlich immer auch gleichzeitig das zweite Tetraëder auf. Ein solches Übergangsstadium, wie es in Fig. 11 dargestellt ist, erhielt ich durch Herausfeilen des Tetra-

ëders aus dem Würfel, aber nur so weit, dass die Würfelflächen nicht zum völligen Verschwinden kamen. Eigenthümlich ist das Verhalten der Würfelflächen, wenn man einen solchen Krystall weiter wachsen lässt. Sie nehmen anfänglich in ihrer Dimension zu, später verkleinern sie sich aber, und es resultirt endlich das Oktaëder mit 6 kleinen Würfelflächen, wie es früher in Fig. 2 dargestellt wurde.

Eine Gestalt wie in Fig. 12 erhält man, wenn einem Krystalle, wie er in Fig. 11 dargestellt ist, eine Spitze tief abgeschnitten wird. Feilt man ein Tetraëder aus dem Würfel rein heraus, so dass die Flächen des letzteren vollkommen verschwunden sind, so treten sie von selbst wieder auf, aber nur sehr klein angezeigt, und verschwinden wieder bald. Man erhält dann die Form Fig. 13, in welcher das Schwefelantimon- Schwefelnatrium und der Boracit öfter auftreten. Es versteht sich von selbst, dass für die Darstellung solcher Formen der ursprüngliche Alaunkrystall gross sein muss, weil schon der daraus erhaltene Würfel verhältnissmässig klein ausfällt.

Ich schliesse hiemit diese Reihe von Beobachtungen und werde erst in einer späteren Mittheilung eine weitere Anzahl von Formen, die sich in ähnlicher Art erhalten lassen, anführen.

Es sollen nur noch einige Andeutungen über das Verfahren der mechanischen Manipulation, bei Darstellung solcher künstlich umgeformter Krystalle gemacht werden. Für das vollständige Gelingen des Experimentes sind sie von Wichtigkeit.

Aus den früher mitgetheilten ergab sich zur Genüge, dass der Übergang einer künstlichen in eine natürliche Fläche im Allgemeinen das Kleinerwerden derselben bedinge; es ist daher nöthig sie in beträchtlich grösseren Dimensionen anzubringen, als sie eigentlich beabsichtigt wurden. Um daher überhaupt deutlich entwickelte Formen zu erhalten, ist es nöthig ziemlich grosse Krystalle anzuwenden, weil dann die Möglichkeit geboten ist, die Schliffe stark markiren zu können.

Ich arbeitete mit Alaun-Krystallen von mehr als einen Zoll im Durchmesser, für die Darstellung aber von Combinationen welche erst aus dem Würfel geschnitten werden müssen, mit noch beträchtlich grösseren. Ist es nöthig grössere Fragmente des Krystalls zu entfernen, so schneidet man sie mit einer feinen Metallsäge ab. Die Schnittfläche gleicht man nachher mit einer Feile aus und kann sie schliesslich auf einer matt geschliffenen Glasplatte poliren, was in

den meisten Fällen übrigens nicht einmal nöthig ist. Alle übrigen Flächen erzeugt man am besten direct durch die Feile. Wendet man solche an, die fein gehauen und sehr breit sind, wodurch die Fläche ihrer ganzen Dimension nach gleichzeitig berührt wird, so lässt sich am leichtesten ihre richtige Lage erzielen. Um den Krystall dabei in einer bestimmten Stellung zu erhalten, bedient man sich zweckmässig einer mittelst Schrauben verschliessbaren Klemme, die mit Korkplatten gefüttert ist. Wird der Krystall dann in die gesättigte Lösung gebracht, so ist einige Vorsicht nöthig. Erstlich darf man ihn nicht zu lange darin verweilen lassen, damit nicht einige der angebrachten Flächen wieder verschwinden. Um die sehr präcipitirte Krystallisation die hier stattfindet nicht noch zu vermehren, darf die Lösung gar nicht oder nur um ein unbedeutendes abgekühlt werden. Was im Allgemeinen die Erfahrung lehrte, für Darstellung gut krystallisirter Substanzen, dass sie nämlich um so schöner sich entwickeln, je langsamer sie entstehen, gilt auch hier. Die aufzudringende Form wird um so vollständiger adoptirt, je mehr eine rasche Krystallisation vermieden wurde. Bevor man den Krystall daher in die Lösung des Eisenalauns bringt, muss man sich auch die Überzeugung verschafft haben, dass sie sich nicht in einem Zustand der Übersättigung befinde.

Das Einlegen des Krystalles ferner nach gewöhnlicher Weise führt hier nicht zum Ziele. Um die Ausflächung auf allen Seiten zu ermöglichen, müsste man ihn öfters umwenden, wodurch die Dauer seines Verweilens in der Auflösung zu sehr verlängert wird. Es ist nöthig, wie erwähnt wurde, ihn darin suspendirt zu erhalten. Man erzielt das am zweckmässigsten, wenn man den Krystall mittelst einer an der Spitze befeuchteten Rundfeile anbohrt, ein Stäbchen in der Öffnung durch ein paar leichte Schläge befestigt und an diesen den Krystall in die Lösung hängt. Der Krystall setzt sich dann mit ungemeiner Festigkeit an, besser als es durch irgend ein Klebmittel gelingt. Es gibt dieses Verfahren gleichzeitig ein zweckmässiges Mittel den Krystall gut aufstellen und unversehrt aufbewahren zu können, wie es sich aus der beigefügten Zeichnung ergibt. Der Eisenalaun verwittert bekanntlich leicht und muss sorgfältig von der Luft abgeschlossen werden, was durch Bestreichen des Korkes, der die Eprouvette verschliesst, mit einer Harzauflösung vollständig erzielt wird.